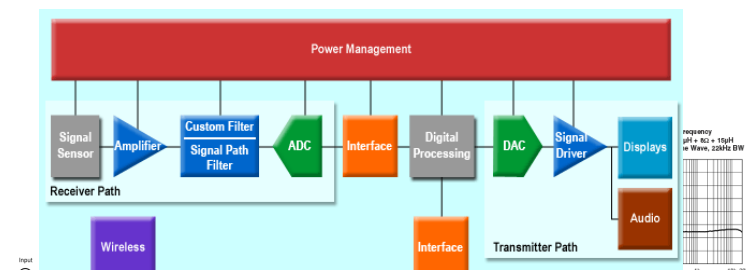
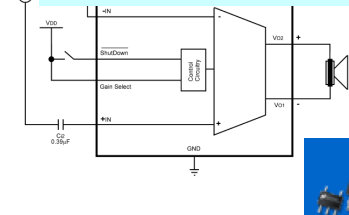
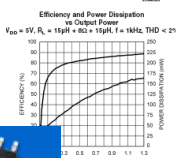
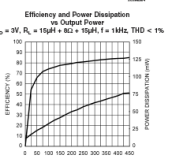



OPAMP 특강










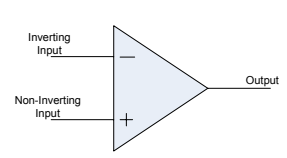


1/19

SENS – Sensors, Embedded controller & Network Systems 서울산업대학교 기계설계자동화공학부 김정환



OP amp의 기본성질



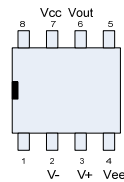
- 단일 실리콘 웨이퍼에 많은 소자를 집적시켜 이상적인 증폭기처럼 동작하도록 설계(Operational Amplifier)
- Open loop gain이 100,000 이상의 고이득 앰프 모듈
- **동작 방정식:** $V_o = A(V_+ - V_-)$
- 두 개의 입력단은 Differential amplifier로 구성된다
- Open loop gain이 매우 크기 때문에 주로 피드백회로를 구성하여 사용하며, 비교기로 사용될 때를 제외하면 실제로 위와 같은 Open loop 회로 자체로는 거의 쓰이지 않는다.
- 물리적으로 OP 앰프의 출력 값은 Supply voltage를 벗어 날 수 없다.

2/19

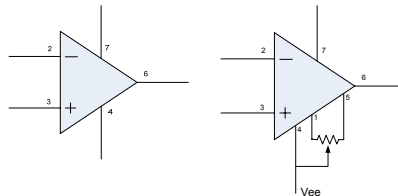
SENS – Sensors, Embedded controller & Network Systems 서울산업대학교 기계설계자동화공학부 김정환

OP amp의 기호 및 연결

❖ 형상(8pin, 741 compatible 경우)



❖ 기호



- 전원선을 생략하고 그리는 경우가 많다
- Offset등을 정밀하게 조정해 주어야 하는 경우는 밸런스 회로를 붙여준다.

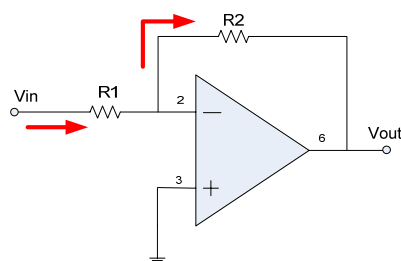
3/19

SENS - Sensors, Embedded controller & Network Systems 서울산업대학교 기계설계자동화공학부 김정환

OP amp의 해석

❖ 이상적인 연산 증폭기

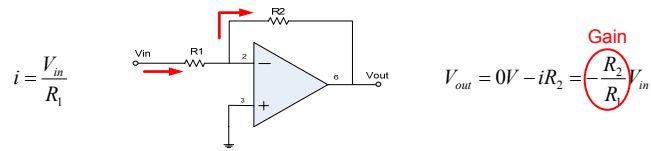
1. 두 개의 입력단자로는 전류가 흘러 들어가지 않는다
2. Negative Feedback이 걸려 있을 경우, 두 입력 전압이 같아지도록 출력이 형성된다.



4/19

SENS - Sensors, Embedded controller & Network Systems 서울산업대학교 기계설계자동화공학부 김정환

Ideal OP amp의 해석



- 입력전류 i 는 입력단자로는 흘러 들어가지 않으므로 R_2 를 통하여 출력된다.
- +입력단자가 GND에 묶여 있으므로, 피드백 저항 R_2 에 의하여 두 개의 입력 단자의 값이 같아지도록 출력값 V_{out} 이 제어된다.
- 만약 $R_1=1k\Omega$, $R_2=10k\Omega$ 을 사용하면, 간단하게, 전압 게인 -10인 앰프를 구성할 수 있다.
- 실제의 OP amp는 위의 이상적인 해석과는 약간의 차이를 보이나, 일반적인 사용범위에서는 충분한 근사치를 얻을 수 있다.

5/19

실제 OP amp의 구조

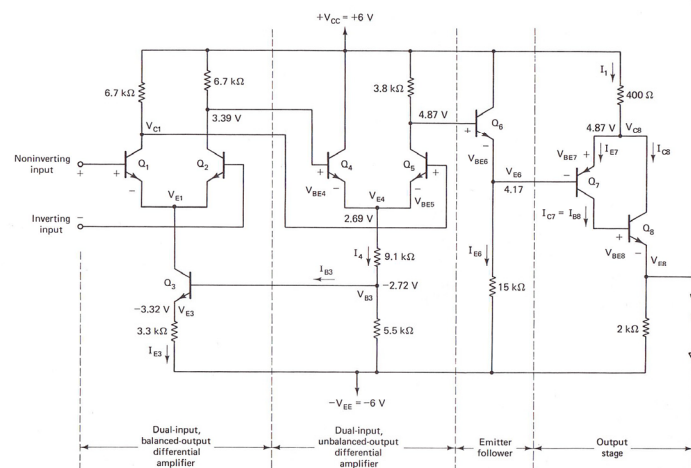
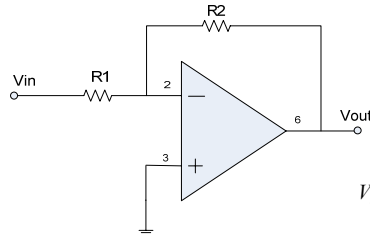


Figure 2-2 Equivalent circuit of the MC1435 op-amp. (Courtesy of Motorola Semiconductor, Inc.)

6/19

기본적인 OP amp 회로

❖ 반전증폭기



$$V_{out} = 0V - iR_2 = -\frac{R_2}{R_1} V_{in}$$

- 가장 간단하고 많이 쓰이는 앰프형태
- 반전증폭기를 사용할 때는 출력값이 항상 공급전원의 전압범위 안에 있도록 유의하여야 한다.
- 저항의 사용범위는 몇 $k\Omega$ ~ 몇십 $k\Omega$ 의 범위가 좋다.

7/19

기본적인 OP amp 회로

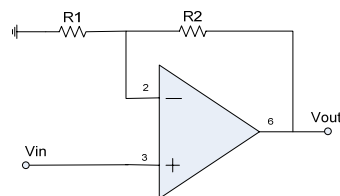
❖ 비반전 증폭기-1

$$V_+ = V_{in}$$

$$V_- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{out}$$

$$V_+ \approx V_-$$

$$V_{in} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{out}$$



$$\therefore V_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_{in} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in}$$

Gain

8/19

기본적인 OP amp 회로

❖ 비반전 증폭기-2

$$V_- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{out}$$

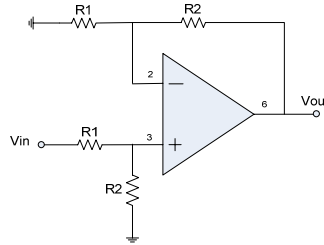
$$V_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$

$$V_+ \approx V_-$$

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$

$$\therefore V_{out} = \frac{R_2}{R_1} V_{in}$$

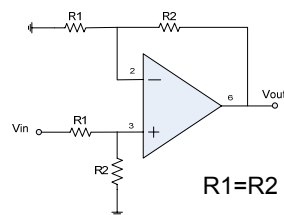
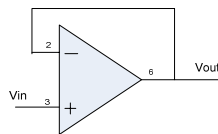
Gain



9/19

기본적인 OP amp 회로

❖ Voltage follower

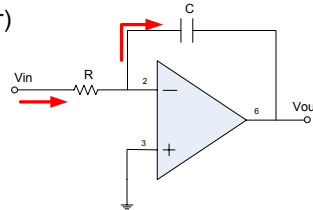


- 부하가 매우 작은 저항을 가지고 있으면(입력 임피던스가 작으면), 충분한 전류를 흘려 주어야 하므로 사용

10/19

기본적인 OP amp 회로

❖ 적분기(Integrator)



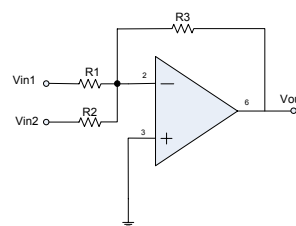
- V_{in} 에 의하여 흘러 들어가는 전류 $i = \frac{V_{in}}{R}$
- C에 의해서 축적되는 전류는 출력단에 GND 보다 낮은 전압을 유발한다.
- Capacitor 방정식 $i = C \frac{dV}{dt}$ $V = -\frac{1}{C} \int i dt$

$$\therefore V = -\frac{1}{RC} \int V_{in} dt$$

11/19

기본적인 OP amp 회로

❖ 가산기(Adder)



$$i_1 = \frac{V_1}{R_1} \quad i_2 = \frac{V_2}{R_2}$$

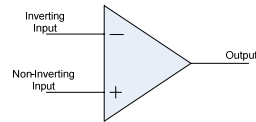
$$\therefore V_{out} = 0 - R_3(i_1 + i_2) = -\left(\frac{R_3}{R_1} V_1 + \frac{R_3}{R_2} V_2\right)$$

- 두 신호의 전압 값을 더해주는 역할을 한다.
- 만약 한쪽 입력이 음수인 경우에도 가능
- 두 개 이상의 입력도 가능

12/19

기본적인 OP amp 회로

❖ 비교기(Comparator)

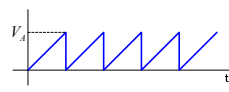
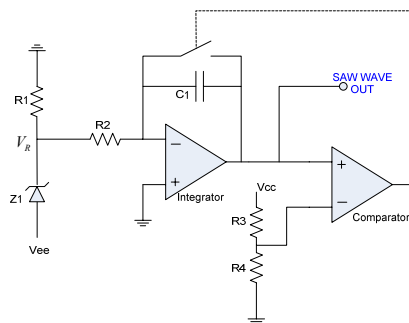


- 기본적으로 구조/원리는 OP amp와 같다
- OP amp는 대부분 Feedback 회로(- 입력과 출력 단자 사이에 F/B 저항 존재) 의 형태로 사용되나, 비교기의 경우에는 주로 Open 루프 회로로 사용함
- 비교기의 경우 포지티브 피드백을 사용하여 히스테리시스를 구현하는 경우도 있음
- $V_{out} = A(V_+ - V_-)$
- 만약 공급전원이 $\pm 10V$ 이고, $A=100,000$ 이라면
- V_+ 가 약간만 더 크면 출력은 $+10V$ 로 Saturated 된다.
- V_- 가 약간만 더 크면 출력은 $-10V$ 로 Saturated 된다.

13/19

기본적인 OP amp 회로

❖ Saw wave generator

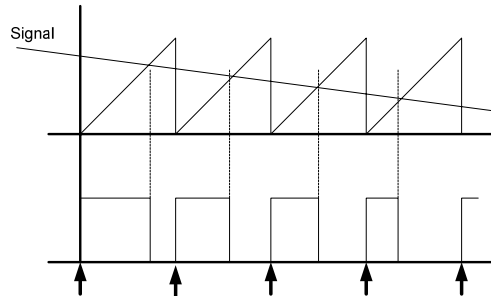


$$V_A = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_{CC}$$

- 기울기는 $\frac{1}{RC}$ 와 V_R 의 함수

14/19

Voltage to PWM modulation



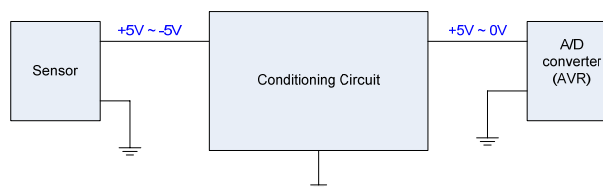
- Saw wave 와 비교해서 Amplitude의 양을 시간축의 Duty의 변화로 바꾸어 준다.
- 단위 Carrier Frequency당 시간축으로 평균을 취하면 Amplitude 값으로 복원할 수 있다.

15/19

SENS - Sensors, Embedded controller & Network Systems 서울산업대학교 기계설계자동화공학부 김정환

연습문제

❖ +5V ~ -5V의 출력을 가지는 센서를 AVR의 A/D 변환기를 사용하여 읽으려고 한다. Adder OP amp를 이용하여 신호 전처리 회로를 설계하여라.

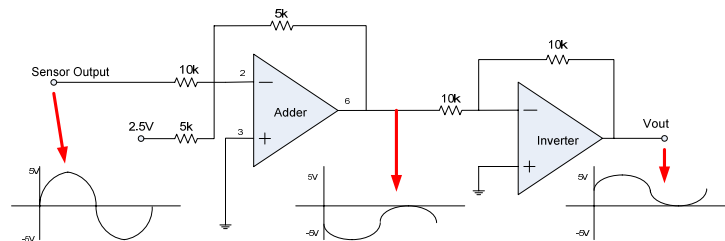


센서의 출력을 반으로 줄이고, 원점을 2.5V 강제로 띄워 준다.

16/19

SENS - Sensors, Embedded controller & Network Systems 서울산업대학교 기계설계자동화공학부 김정환

연습문제

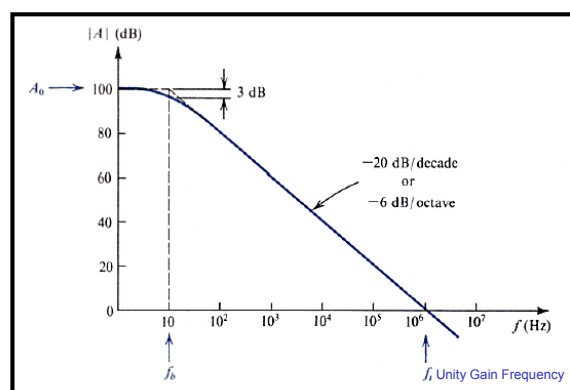


- Adder를 사용하여 크기를 반으로 줄이면서, Offset을 가함
- +입력을 이용하여 Offset을 띄우는 방법도 가능함

17/19

SENS – Sensors, Embedded controller & Network Systems 서울산업대학교 기계설계자동화공학부 김정환

Gain-Bandwidth Product



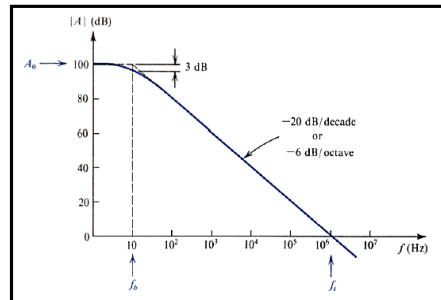
< Typical open loop gain of a compensated OP AMP >

18/19

SENS – Sensors, Embedded controller & Network Systems 서울산업대학교 기계설계자동화공학부 김정환

Gain-Bandwidth Product

The frequency dependence of the gain can be modeled as;



$$A(s) = A_0 \left[\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_b}} \right]$$

$$\omega_t = A_0 \omega_b \quad \text{rad/s}$$

$$f_t = A_0 f_b \quad \text{Hz}$$

The unity gain bandwidth is also called as gain-bandwidth product.